



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Patentschrift

(10) DE 197 52 772 C2

(51) Int. Cl. 6:  
**F01N 7/18**  
B 21 D 26/02  
B 21 D 53/88

DE 197 52 772 C2

- (21) Aktenzeichen: 197 52 772.8-13
- (22) Anmeldetag: 28. 11. 97
- (23) Offenlegungstag: 2. 6. 99
- (25) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 2. 9. 99

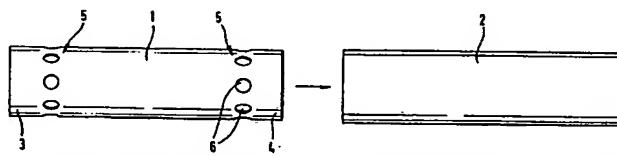
Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:	DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE	(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
(72) Erfinder:	Bonny, Pierre, Dipl.-Ing., 22589 Hamburg, DE; Hülsberg, Thomas, Dipl.-Ing., 21224 Rosengarten, DE	DE 195 11 514 C1 DE 195 18 252 A1 DE 44 28 435 A1

(54) Verfahren zur Herstellung eines mit einem Abzweigstutzen versehenen luftspaltisierten Abgasrohres

- (57) Verfahren zur Herstellung eines mit einem Abzweigstutzen versehenen luftspaltisierten Abgasrohres im Abgasstrang eines Fahrzeuges, wobei ein abgasführendes mit einem Abzweig ausgebildetes Innenrohr mit einem Außenmantel unter Bildung eines Luftisolierspaltes ringsum beabstandet umgeben wird, das gemeinsam mit dem Außenmantel das Abgasrohr samt Abzweigstutzen bildet, dadurch gekennzeichnet,
- daß zur Ausbildung des Abgasrohres zwei bezüglich ihrer Form gleichgestaltete Rohre (1, 2) mit geringem Spiel unter Bildung eines Doppelrohres ineinandergesteckt werden,
  - daß das so gebildete Doppelrohr in ein erstes Innenhochdruck-Umformwerkzeug (8) eingebracht wird, beiderseits fluidhochdruckdicht abgedichtet und nach Schließen des ersten Umformwerkzeuges (8) und Einleiten eines Druckfluides in den Innenraum (20) des Innenrohres (1) des Doppelrohres mit Innenhochdruck über das eingeführte Druckfluid derart beaufschlagt wird, daß sich das Doppelrohr entsprechend der Konturierung der Gravur (7) des ersten Umformwerkzeuges (8) aufweitet, wobei aufgrund eines Abzweiges (9) der Gravur (7) mittels des Innenhochdruckes aus dem Doppelrohr ein doppelwandler Abzweigstutzen (21) ausgeblasen wird, der während der Umformung stirnseitig mittels eines in dem Abzweig (9) der Gravur (7) des ersten Innenhochdruck-Umformwerkzeuges (8) verschiebbar geführten, nach außen austreibenden ersten Gegenstempels (10) abgestützt wird,
  - daß während des ersten Umformvorganges zum Ausblasen des Abzweigstutzens (21) Rohrmaterial mittels zumindest eines ein Ende des Doppelrohres beaufschlagenden Axialstempels zur Ausformstelle des Abzweigstutzens (21) nachgeschoben wird,
  - daß nach dem Erzeugen des Abzweigstutzens (21) das Druckfluid entspannt und aus dem Innenraum (20) des inneren Rohres (1) herausgeleitet wird, wonach das erste Umformwerkzeug (8) geöffnet und das umgeformte Doppelrohr entnommen und in ein zweites Innenhochdruck-Umformwerkzeug (25) eingebracht wird, wobei das Doppelrohr an den Endbereichen von der Gravur (24) des zweiten Umformwerkzeuges (25) in einer Spielpassung gehalten und zwischen den beiden Enden einschließlich des Abzweigstutzens (21) umlaufend und durchgängig durch entsprechende Ausbildung der Gravur (24) von einem Aufweitraum (26) umgeben wird,

- daß nach dem Schließen des Umformwerkzeuges (25) und Abdichtung des mit einem Abzweigstutzen (21) ausgeformten Doppelrohres unter Hochdruck ein Druckfluid einerseits zwischen die beiden das Doppelrohr bildenden Rohre (1, 2) einerseits und gleichzeitig in den Innenraum (20) des Innenrohres (1) andererseits eingeleitet wird, wobei das Außenrohr (2) innenhochdruckbeaufschlagt bis zur konturgerechten Anlage an der Gravur (24) des zweiten Umformwerkzeuges (25) in den Aufweitraum (26) hinein unter Bildung eines Luftisolationsspaltes (33) zwischen dem Außenrohr (2) und dem Innenrohr (1) aufgeweitet wird,
- daß beim Aufweiten die vom Doppelrohr wegweisende Stirnseite (22) des Abzweigstutzens (21) mittels eines in dem Abzweig (27) der Gravur (24) angeordneten zweiten Gegenstempels (28) nach außen unnachgiebig abgestützt wird,
- und daß nach dem Aufweiten des Doppelrohres, Entspannen und Herausleiten des Druckfluides aus dem infolge der beiden Umformungen mit einem Abzweigstutzen (21) und einer Luftspaltisierung versehenen Doppelrohr, sowie Öffnen des zweiten Umformwerkzeuges (25) und Entnahme des fertigumgeformten Doppelrohres, bei dem der Außenmantel vom Außenrohr (2) gebildet wird, der die Stirnseite (22) beinhaltende Kappenbereich (23) des Abzweigstutzens (21) unter Bildung einer Durchgangsöffnung (35) zwischen dem Innenraum (20) des Innenrohres (1) und der äußeren Umgebung des luftspaltisierten Abgasrohres abgeschnitten wird.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines mit einem Abzweigstutzen versehenen luftspaltisierten Abgasrohres gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Ein gattungsgemäßes Verfahren ist aus der DE 195 11 514 C1 bekannt. Darin ist die Herstellung eines luftspaltisierten Abgasrohres mit einem Abzweigstutzen im Zusammenhang mit einem Zusammenbau von mehreren Abgasrohren zu einem Abgaskrümmer beschrieben, wobei der aus zwei miteinander verbundenen Halbschalen bestehende Außenmantel des verzweigten Abgasrohres gemeinsamer Bestandteil aller Abgasrohre des Abgaskrümmers ist. So werden die Innenrohre der Abgasrohre zuerst mit Schiebesitz aufeinandergesteckt und in aufwendiger Weise mit speziellen Distanzringen versehen, die später nach dem Zusammenbau im Betrieb der Abgasanlage verdampfen. Der Steckverbund wird danach in eine Unterschale des Außenmantels eingelegt und in aufwendiger Weise positioniert. Da einerseits die mit Fertigungstoleranzen behafteten Einzelrohre gegeneinander verschieblich sind und aufgrund der Montagearbeit von Steckverbund zu Steckverbund unterschiedliche Stecklängen aufweisen und andererseits die Distanzringe zum einen selbst Fertigungstoleranzen unterworfen sind und zum anderen aufgrund ihrer Gestaltung relativ zur Ausbildung der Unterschale selten umlaufend an dieser anliegen, ist die Fertigung des gesamten Abgaskrümmers allein schon unter diesen Aspekten Toleranzen unterworfen. Eine exakte Reproduzierbarkeit gibt es dabei nicht. Hierbei ist beim Zusammenbau darauf zu achten, daß eine bestimmte minimale Stecklänge eingehalten wird, damit die Einzelinnenrohre nicht auseinanderrutschen. Diese Einhaltung erfordert Augenmaß und damit erheblichen Aufwand. Bei dem Teiletransfer zur Schweißstation können ebenfalls Erschütterungen und zentrifugale Kräfte auftreten, die zu einer nochmaligen Verschiebung der Einzelinnenrohre zueinander und zur Unterschale des Außenmantels, wobei dies gar zur Auflösung des Steckverbundes führen kann. Die Transponierung der aufwendigen Positionierung der Innenrohre in der Unterschale des Außenmantels mittels der Distanzringe und die fertigungstechnisch bedingten Toleranzen in der Innenrohrausbildung sowie die damit verbundene, von Zusammenbau zu Zusammenbau jeweils unterschiedliche relative Lage des Innerrohres im und außerhalb des Außenmantels zum Außenmantel läßt sich ohne weites auf ein einzelnes verzweigtes Innenrohr mit einem aus zwei Halbschalen bestehenden Außenmantel ausführen. Das Innenrohr mit dem Abzweigstutzen liegt bei den genannten Fertigungstoleranzen praktisch nie mit dem gewünschten definierten umlaufenden Luftspalt innerhalb des Außenmantels. Aufgrund des Rückspringverzuges der beiden Blechhalbschalen nach dem Tiefziehen liegen die beiden Halbschalen von alleine nicht durchgehend satt und damit spaltfrei aneinander an. In der Schweißstation wird daher die Oberschale des Außenmantels auf die Unterschale gesetzt und an dieser angepreßt. Auch hierbei kommt es zu Erschütterungen des Steckverbundes bzw. der Verschiebung der Relativlage des verzweigten Innenrohres im Außenmantel. Schließlich werden die Schalen des Außenmantels miteinander laserverschweißt. Nach Aufhebung der Anpressung wirken dann aufgrund der Nichtgleichförmigkeit der Anlageflächen der Halbschalen auf die Schweißnaht erhebliche Zugkräfte, was die Dauerbelastbarkeit des Zusammensatzes, insbesondere des Außenmantels herabsetzt und im Betrieb des Abgasstranges gar zu einem Versagen des Bauteils führen kann. Auch ist die Verschweißung der Halbschalen unter Bildung einer Bördelnaht relativ aufwendig, insbeson-

dere, da beim Übergang zum Ausschnitt des Außenmantels für den Abzweigstutzen des Innenrohres aufgrund von Kantenradien ein Dreieckszwinkel entsteht, der zur Prozeßsicherheit zugeschweißt werden muß, was in der Praxis in 5 sinnvoller Weise nur unter Zuhilfenahme eines Zusatzwerkstoffes geht. Auch ist die Bördelnaht zudem durch ihre Gestaltung begrenzt mechanisch belastbar. Für die Festlegung des Innenrohres am Außenmantel ist zusätzlich eine Verschweißung unter Bildung einer Rundnaht, d. h. einer umlaufenden Kehlnaht im Endbereich des Abzweigstutzens erforderlich, wobei das Ende des Innenrohres des Stutzens gegenüber der Öffnung des Außenmantels etwas zurückgesetzt liegt. Der Außenmantel ist im übrigen gerade wegen des verzweigten Abgasrohres räumlich sehr ausladend ausgebildet, die bei der Herstellung der Halbschalen durch Tiefziehen keine Verzweigung erzielt werden kann und somit 10 für eine konturtreue Ausbildung eines Außenmantels bezüglich der Gestaltung des Innenrohres nicht tauglich ist. Dies erfordert jedoch erheblichen Bauraum und erhöht das Gewicht des verzweigten Abgasrohres. Zudem ist dadurch die 15 Ausbildung eines definierten einheitlich gleichförmigen Luftpaltes beim verzweigten Abgasrohr nicht erreichbar.

Aus der DE 44 28 435 A1 ist ein Längsrohr bekannt, das als Rohling in Form eines geradlinigen Doppelrohres gestaltet ist und in einem ersten Arbeitsschritt durch Innenhochdruckumformen rotationssymmetrisch ausgebaut wird, wodurch es eine Flaschenform mit Doppelhälften annimmt. Das Doppelrohrmaterial dünn sich in dem Aufweitereich 20 trotz des endseitigen Nachrutschens des Doppelrohres aus. Zur etwaigen Ausbildung eines Abzweiges wird durch die Form der Rotationssymmetrie bewirkt, daß Doppelrohrmaterial – anstatt zur Aufweitung des Seitenbereiches bereitgestellt – von diesem abgezogen werden würde, so daß der Abzweig mit einer nennenswerten Ausziehlänge prozeßsicher 25 nicht mehr hergestellt werden könnte.

Die DE 195 18 252 A1 bezieht sich auf die Herstellung eines zweiflutigen Abgasrohres, das für einen zweiflutigen Abgaskrümmer verwendet wird. Die Verzweigung des Hosenrohres wird durch mechanisches Zusammendrücken eines mittels Innenhochdruck aufgeweiteten geradlinigen Ausgangsrohres bei bestehendem Innenhochdruck gebildet. Das zusammengedrückte Rohr wird mittig in Querrichtung durchgeschnitten. Der Trennschnitt hat dabei einerseits den Zweck, aus dem mittig plattgedrückten ausgebauten Rohr 30 erst ein Hosenrohr auszubilden, und andererseits ein Doppelteil zu erzeugen.

Der Erfundung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gattungsgemäßes Verfahren dahingehend weiterzubilden, daß in einfacher Weise ein luftspaltisiertes Abgasrohr mit einem Abzweigstutzen exakt reproduzierbar hergestellt werden kann, das leicht verbaubar ist ohne Beeinträchtigung der Maßhaltigkeit hinsichtlich Luftspaltbreite und der Relativlage des Innenrohres zum Außenmantel.

Die Aufgabe ist erfundungsgemäß durch die Merkmale 35 des Patentanspruches 1 gelöst.

Dank der Erfundung ist eine einfache Herstellung des verzweigten Abgasrohres aus zwei ineinander gesteckten geschweißten oder gezogenen und von der Stange abgelängten ggf. vorgebogenen Doppelrohren möglich. Ein aufwendiges 40 Tiefziehen von Halbschalen, die den Außenmantel bilden, sowie das sehr komplizierte Verschweißen der beiden Halbschalen, insbesondere im Übergang der Bördelnaht zur Rundnaht im Bereich des Abzweigstutzens, in welchem Übergang aufgrund von Kantenradien ein Zwinkel entsteht, 45 der zur Gewährleistung einer Dauerbelastbarkeit der Schweißnaht nur mit Zusatzwerkstoff zugeschweißt werden kann, entfällt. Des weiteren ist kein montageaufwendiger fehler- und toleranzbehafteter Zusammenbau des Abgasroh-

res notwendig, vielmehr ist die Relativlage der beiden ineinander gesteckten Rohre zueinander schon nach der ersten Umformung aufgrund der endseitigen Klemmung der Rohre aneinander festgelegt. Auf Distanzringe kann verzichtet werden, da der Luftisolierspalt sich nicht aufgrund einer geeigneten Montage des Innenrohres im Außenmantel ergibt, sondern aufgrund der zweiten Umformung des Doppelrohres von selbst zustandekommt. Infolge der festgelegten nicht-verschieblichen Relativlage der beiden Rohre nach der ersten Umformung zueinander und der Abhängigkeiten der Luftisolierspaltbreite lediglich von der Gravurgestaltung und von der Vollständigkeit der Umformung, die beide ohne weiteres beherrschbar sind, ist eine konstante Spaltbreite in einfacher Weise gewährleistet. Aufgrund dessen, daß der Abzweigstutzen aus einem doppelwandigen aus Innenrohr und Außenrohr – dem späteren Außenmantel – bestehenden Rohr während des ersten Innenhochdruckumformprozesses ausgeformt wird, stellt sich das Außenrohr verfahrensbedingt konturgerecht auf das Innenrohr ein. Dadurch wird beim verzweigten Abgasrohr und somit beim gesamten Abgasstrang gegenüber von tiefgezogenen Halbschalen Bau Raum, Material und Gewicht eingespart. Aufgrund der Konturentsprechung des Außenrohres kann die Länge des Abzweigstutzens relativ kurz bemessen werden, so daß beim Anschluß des verzweigten Abgasrohres an weitere Abgasstrangbauteile im Bereich des Abzweigstutzens eine Kompaktierung, also eine Bauraumgewinnung dieses Zusammensetzung erreicht werden kann. Auch ist das erfundsgemäße verzweigte Abgasrohr dauerbelastbarer als die konventionellen Lösungen, da das Abgasrohr lediglich an den Verbindungsstellen zu anderen Bauteilen des Abgasstranges beim Verbindungsvorgang Schweißnähte erhält, welche in einfacher Weise in Form von umlaufenden mechanisch hoch belastbaren Kehlnähten ausgebildet werden können. Die versagensanfälligen Bördelnähte beim bekannten Abgasrohr entfallen. Schließlich wird aufgrund der mit dem Verfahren der Innenhochdruckumformung verbundenen Toleranzfreiheit eine exakte Reproduzierbarkeit des verzweigten Abgasrohres ermöglicht und damit eine Automatisierung der Abgasrohrherstellung ohne ausbessernde Nacharbeiten erleichtert. Aufgrund der Klemmung der Einzelrohrwundungen an beiden Abgasrohrenden kann das Abgasrohr dort leicht an andere Bauteile angekoppelt werden, ohne daß die Relativlage des Innenrohres zum Außenrohr und die Spaltbreite sich ändert. Am Ende des Abzweigstutzens kann das Innenrohr – falls gewünscht – in einfacher Weise auf ein anderes Innenrohr eines weiteren luftspaltisierten Abgasrohres gesteckt werden und dort im Schiebesitz angeordnet bleiben, während die Außenrohre der beiden Abgasrohre unter Bildung einfacher umlaufender Kehlnähte miteinander verschweißt werden. Das erfundsgemäße Abgasrohr ist somit aufgrund seiner Bauraumvorteile und seiner problemlosen und sicheren bzw. schnell zu ermöglichen Anbindung an weitere Bauteile des Abgasstranges leicht verbaubar.

Des weiteren wird beim ersten Aufweiten, d. h. beim Erhalt der Ausziehlänge des Abzweigstutzens ein Gegenstempel verwendet, der das Doppelrohrmaterial beim Aufweiten nach außen ausweichend abstützt. Dies erhöht die Prozeßsicherheit bei der Herstellung erheblich. Weiterhin wird durch die progressive Nachlieferung von Doppelrohrmaterial vom Ende des Doppelrohrs her zum Aufweitbereich hin in günstiger Weise die Prozeßsicherheit der Herstellung des Abzweigstutzens durch die erzielte Materialanhäufung im Aufweitbereich erhöht.

Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfahrung können den Unteransprüchen entnommen werden; im übrigen ist die Erfahrung anhand eines in den Zeichnungen dargestellten

Ausführungsbeispiele nachfolgend näher erläutert; dabei zeigt:

Fig. 1 in einer seitlichen Ansicht einen ersten Schritt des erfundsgemäßen Verfahrens beim Ineinanderstecken zweier Rohre, wobei das innere Rohr gelocht ist,

Fig. 2 in einem seitlichen Längsschnitt den Steckverbund aus Fig. 1 in einem ersten Innenhochdruck-Umformwerkzeug eingelegt, wobei das Doppelrohr und die Lochung des Innenrohres abgedichtet ist, vor der Umformung im entspannten Druckzustand des in das Innenrohr eingeleiteten Druckfluides,

Fig. 3 in einem seitlichen Längsschnitt das Doppelrohr im Umformwerkzeug aus Fig. 2, an dem unter Innenhochdruck ein Abzweigstutzen mit flaschenhalsförmigem Ende ausgeformt ist,

Fig. 4 in einem seitlichen Längsschnitt das umgeformte Doppelrohr aus Fig. 3 in einem zweiten Innenhochdruck-Umformwerkzeug nach einer zweiten Umformung unter Innenhochdruck, wobei die Lochung des Innenrohres unabgedichtet bleibt und zwischen dem Innen- und Außenrohr des Doppelrohres ein Luftspalt ausgebildet ist, der sich bis zum Flaschenhals des Abzweigstutzens erstreckt,

Fig. 5 in einer perspektivischen Ansicht einen Endabschnitt des Doppelrohres aus Fig. 4 mit Beschnittstreifen 25 des Außenrohres nach Durchtrennung des Innenrohres,

Fig. 6 in einem seitlichen Längsschnitt das gemäß den Verfahrensschritten aus den Fig. 1-5 fertighergestellte luftspaltisierte Abgasrohr mit Abzweigstutzen nach einem Kappenbeschneid des Abzweigstutzens.

In Fig. 1 sind zwei geradlinig verlaufende gleichlange Rohre mit annähernd kreisrundem Querschnitt dargestellt, wobei das eine Rohr, das Innenrohr 1, in das andere Rohr, das Außenrohr 2, unter volliger Abdeckung des Innenrohres 1 mit geringem Spiel in Pfeilrichtung hineingesteckt wird. Das Innenrohr 1 weist an seinen beiden Enden 3, 4 über den Umfang gleichmäßig verteilt jeweils einen Lochkranz 5 mit Durchgangslöchern 6 auf. Die beiden Rohre 1 und 2 können auch gebogen sein und einen vom Kreisquerschnitt abweichen Querschnitt aufweisen, jedoch müssen sie ineinandersteckbar sein.

Nach der Ausbildung eines Steckverbundes der beiden Rohre 1 und 2 werden diese als Doppelrohr in die Gravur 7 eines ersten Innenhochdruck-Umformwerkzeuges 8 gemäß Fig. 2 eingelegt. Dieses weist einen radialen Abzweig 9 von der Gravur 7 auf, in dem ein Gegenstempel 10 geführt ist. Die Stirnseite 11 des Gegenstempels 10, die mittig eine Tasche 12 aufweist, liegt bündig zur Gravur 7 und vor der ersten Umformung des Doppelrohrs an diesem konturren an. Zur Umformung wird das Doppelrohr beiderseits mittels zweier Dichtungsköpfen 13, die in die Enden des Doppelrohrs hineingeschoben werden und jeweils mit einem Axialstempel starr verbunden sind, abgedichtet. Dabei ragt der Dichtungskopf 13 mit einem in Einführrichtung konisch sich verjüngenden Abschnitt 14 soweit in das Doppelrohr hinein, daß der Lochkranz 5 des Innenrohres 1 überdeckt wird. Der konische Abschnitt 14 des Dichtungskopfes 13 trägt auf abzweigzugewandter Seite des Lochkranzes 5 ein radial aufspreizbares Dichtungselement 15, beispielsweise einen elastischen O-Ring, das zur Abdichtung mit hoher Kraft fluidhochdruckdichtend an die Innenseite 16 des Innenrohres 1 gepreßt wird. Auf abzweigabgewandter Seite des Lochkranzes 5 ist der Umfang des konischen Abschnittes 14 größer als der Innenumfang des Innenrohres 1 bemessen, so daß das Doppelrohr dort beim Einschieben des Dichtungskopfes 13 unter Bildung einer radial wirkenden metallischen Dichtung für das Doppelrohr radial gequetscht wird. Gleichzeitig wird dadurch das Innenrohr 1 mit dem Außenrohr 2 ihre Relativlage zueinander festlegend verklemmt,

bzw. verpreßt. Der Dichtungskopf 13 weist am abzweigabgewandten Ende des konischen Abschnittes 14 einen Ringbund 17 auf, der in Gebrauchsstellung des Dichtungskopfes 13 an der Stirnseite 18 des Doppelrohres anliegt, wodurch eine axiale Dichtung für das Doppelrohr geschaffen wird.

Nach dem Schließen des ersten Innenhochdruck-Umformwerkzeuges 8 wird ein Druckfluid über einen im Axialstempel und dem zugehörigen Dichtungskopf 13 verlaufenden Druckfluidkanal 19 in den Innenraum 20 des Innenrohres 1 eingeleitet und unter Hochdruck gesetzt. Gemäß Fig. 3 weitet sich das Doppelrohr auf, wobei das doppelwandige Rohrmaterial in die Tasche 12 des Gegenstempels 10 hineinverdrängt wird. Gleichzeitig oder anschließend weicht der erste Gegenstempel 10 mittels eines steuerbaren Hydraulikzylinders kontrolliert nach außen im Abzweig 9 aus, wobei mittels des Innenhochdruckes aus dem Doppelrohr ein doppelwandiger Abzweigstutzen 21 ausgeblasen wird, welcher stirnseitig vom Gegenstempel 10 abgestützt wird und sich seitlich an die Wandung des Abzweiges 9 formgerecht anschmiegt. Durch den Gegenstempel 10 wird eine prozeßsichere Ausblasung des Abzweigstutzens 21 gewährleistet, wobei zudem aufgrund der dem Innenhochdruck entgegenwirkenden aufstauenden Kraft des Gegenstempels 10 das Rohrmaterial des Doppelrohres an die Abzweigwandung gepreßt wird, was zu einer entsprechend der ersten Gravur 7 formgetreuen Ausformung des Abzweigstutzens 21 mit hoher Außenkonturqualität führt. Dadurch ergibt sich ein definierter reproduzierbarer Anschluß an weitere Bauteile des Abgasstranges.

Aufgrund der im Gegenstempel 10 ausgebildeten mittigen Tasche 12 wird die Stirnseite 22 des doppelwandigen Abzweigstutzens 21 flaschenhalsartig durch den Innenhochdruck ausgebeult. Infolge dieser Ausbeulung 31 der Stirnseite 22 wird eine radiale Klemmung der Wandungen von Innenrohr 1 und Außenrohr 2 auch dort, nämlich am Ende des Abzweigstutzens 21 erreicht, wonach trotz späteren Beschnittes des Kappenbereiches 23 der Stirnseite 22 des Abzweigstutzens 21 durch die Klemmung die Positionierung des Innenrohres 1 zum Außenrohr 2 festgelegt ist, auch wenn die Enden des Doppelrohres schon beschnitten sind. Damit wird die Gleichmäßigkeit der Spaltbreite des später erzeugten Luftisolierspaltes gesichert. Falls eine feste Verbindung des Abzweigstutzens 21 mit einem weiteren Bau teil des Abgasstranges erreicht werden soll, begünstigt die Ausbildung der Stirnseite 22 nach Beschnitt eine einfache Montage des luftspaltisierten Abgasrohrs durch die Bündigkeit der aneinanderliegenden Rohrwandungen.

Die Prozeßsicherheit beim ersten Umformvorgang wird erheblich gefördert durch ausreichendes Angebot an Rohr material. Durch Einleitung einer axialen Kraft auf die Rohrenden des Doppelrohres mittels der Axialstempel über den an der Stirnseite 18 des Doppelrohres anliegenden Ringbund 17 der Dichtungsköpfe 13 kann Rohrmaterial des Doppelrohres zum Abzweig 9, also dem Ort des größten Umformgrades hin nachgeschoben werden. Mit dem variabel einzustellenden Maß der Nachschiebekraft kann je nach Bedarf die Ausblaslänge prozeßsicher in gewissen Grenzen verändert werden, wodurch eine hohe Anpaßbarkeit des Abgasrohres an die jeweils vorliegenden unterschiedlichen Bauraumverhältnisse erreicht werden kann. Es erfolgt durch das Nachschieben mit Sicherheit keine spürbare Ausdünnung der Wandstärke, wodurch gute Montagebedingungen bei der Verbindung mit einem weiteren Bauteil gewährleistet ist. Wird das Rohrmaterial nicht nachgeschoben, so ist es auf jeden Fall im Interesse der Prozeßsicherheit, insbesondere der Dichtigkeit der Umformvorrichtung unumgänglich, daß die Axialstempel mit den Dichtungsköpfen gemäß der durch die Ausformung des Abzweigstutzens 21 erfolgen

Verkürzung des Doppelrohres nachgeführt werden müssen.

Nach der Ausformung des doppelwandigen Abzweigstutzens 21 aus dem ursprünglich unverzweigten Doppelrohr durch den ersten Innenhochdruckumformvorgang wird das Druckfluid entspannt und aus dem verzweigten Doppelrohr herausgeleitet, wonach das erste Umformwerkzeug 8 geöffnet wird und das verzweigte Doppelrohr entnommen wird.

Danach wird dieses in die Gravur 24 eines zweiten Innenhochdruck-Umformwerkzeuges 25 eingelegt. Die Gravur 24 ist derart ausgebildet, daß das Doppelrohr an seinen Endbereichen von der Gravur 24 in einer Spielpassung gehalten und zwischen den beiden Enden umlaufend und durchgängig von einem im wesentlichen zylindrischen zum Doppelrohr koaxialen Aufweitraum 26 umgeben ist. Der Abzweigstutzens 21 liegt in einem Abzweig 27 der Gravur 24, der entsprechend des Aufweitraumes 26 um etwa das gleiche Maß den Abzweigstutzen 21 umgibt. Im Abzweig 27 ist ein zweiter Gegenstempel 28 angeordnet, in dessen in seiner Stirnseite 29 entsprechend dem Gegenstempel 10 des ersten Umformwerkzeuges 8 ausgebildeten Tasche 34 die flaschenhalsartige Ausbeulung 31 des Abzweigstutzens 21 mit geringem Spiel aufgenommen ist.

Zum nun folgenden zweiten Umformvorgang gemäß der Fig. 4 wird das Umformwerkzeug 25 geschlossen und das

Doppelrohr wieder an seinen beiden Enden durch Dichtungsköpfe 30 von Axialstempeln unter Bildung einer metallischen Dichtung und Quetschung der Rohrenden abgedichtet, jedoch derart, daß der Lochkranz 5 einer Innenhochdruckbeaufschlagung frei zugänglich bleibt. Über Druckfluidkanäle 32 wird nun in den Innenraum 20 des Innenrohres 1 ein Druckfluid eingeleitet und unter Hochdruck gesetzt.

Aufgrund des freien Lochkratzes 5 wird das Außenrohr 2 direkt mit Hochdruck beaufschlagt, wodurch es in den Aufweitraum 26 hinein aufgeweitet wird und sich an die Gravur 24 des Umformwerkzeuges 25 und die Wandung des Abzweiges 27 konturgerecht anlegt. Der Gegenstempel 28 wird nach außen unabhägig abgestützt und bleibt somit während der Aufweitung unverändert in seiner Abstützposition ohne radial nach außen auszuweichen, wobei sich der nichtausgebeulte Bereich der Stirnseite 22 des Abzweigstutzens 21 an der zugewandten Stirnseite 29 des Gegenstempels 28 anlegt.

Durch die zweite Umformung des Abgasrohres wird infolge der Abhebung des Außenrohres 2 vom Innenrohr 1 ein dieses gleichmäßig zwischen den eingeklemmten Enden rundum umgebender Spalt, der sogenannte Luftisolierspalt 33, geschaffen, welcher in seiner Breite völlig konstant bemessen ist, wobei er in seinem Verlauf der Kontur des Innenrohres 1 exakt folgt. Das Innenrohr 1 bleibt aufgrund des Druckausgleiches zwischen seinem Innenraum 20 und dem Spalt 33 während der zweiten Umformung unverformt.

Denkbar ist auch, das Innenrohr 1 ohne Lochkranz 5 auszubilden und das Druckfluid in die Trennfuge zwischen Innenrohr 1 und Außenrohr 2 über den Spielspalt oder besonders dafür am Innenrohr 1 ausgebildete in die Trennfuge führende Spalten einzubringen. Hierzu ist jedoch ein vorgesetzter Druckraum notwendig, was Bauraum und eine kompliziertere Abdichtung des Doppelrohres erfordert. Durch den Lochkranz 5 jedoch wird in höchst vorteilhafter Weise eine einfach herzustellende und sofortige relativ großflächige Beaufschlagung des Außenrohres 2 durch den Innenhochdruck erreicht. Weiterhin erfahren die Endbereiche des Doppelrohres keine Verformung bei einer etwaigen Einleitung des Druckfluides in die Trennfuge der beiden Rohre 1 und 2 von außen, so daß die Maßhaltigkeit des Doppelrohres an beiden Enden erhalten bleibt, was sich besonders günstig für eine Verbindung mit weiteren Bauteilen

auswirkt. Schließlich wird der Druckausgleich für das Innenrohr 1 durch eine einfache in der Ausbildung des Lochkranzes 5 begründete Fluidführung erreicht.

Nach der zweiten Umformung wird das Druckfluid entspannt, aus dem nahezu fertig ausgebildeten luftspaltisierten Abgasrohr herausgeleitet, wonach das zweite Umformwerkzeug 25 geöffnet und das Abgasrohr entnommen wird. Danach wird in einer Werkzeugeinspannung des umgeformten Abgasrohres der Kappenbereich 23 des Abzweigstutzens 21 unter Bildung einer Durchgangsoffnung 35, die den Innenraum 20 des Innenrohres 1 mit der äußeren Umgebung des luftspaltisierten Abgasrohres verbindet, beispielsweise durch Sägen oder Laserschneiden abgeschnitten. Aufgrund der flaschenhalsartigen Ausbildung der Stirnseite 22 bleibt danach ein kurzer zylindrischer Abschnitt 36, bei dem eine Klemmung der Rohrwandungen noch vorhanden ist, so daß auch nach dem Beschnitt keine Veränderung der Relativlage des Innenrohres 1 zum Außenrohr 2 erfolgen kann.

Schließlich werden optional die Enden des Doppelrohres in der Einspannung abgetrennt. Dies erfolgt dann, wenn eine Minimierung von Wärmebrücken im Verbindungsbereich mit anderen Abgasrohren erwünscht ist und dieser bezüglich des Außenrohres 2 mit einer einfachen umlaufenden Kehlnaht und bezüglich des Innenrohres 1 mittels Schiebesitz zur Kompensation axiauer Wärmedehnungen und Vibrativen im Betrieb der Abgasanlage ausgebildet werden soll. Diese Verbindung kann in höchst vorteilhafter Weise zum Zusammenbau einer luftspaltisierten Abgasanlage mit anderen luftspaltisierten Abgasrohren durch einfaches ineinanderstecken der endseitig aufeinander im Durchmesser abgestimmten Rohre ausgenutzt werden. Insbesondere ermöglicht die Ausbildung des erfundungsgemäß hergestellten verzweigten Abgasrohres mit seinem jeweils endseitigen Beschnitt (Fig. 6) erstmals eine Modulbauweise bei luftspaltisierten Abgaskrümmern, wobei das verzweigte Rohr einen Teil des Abgaskrümmers bildet. Die übrig gebliebene Klemmung des zylindrischen Abschnittes 36 der Stirnseite 22 hält die Rohre 1 und 2 zueinander in der bisherigen voneinander beabstandeten Position, wodurch bei der Montage auftretende Lagetoleranzen und Spaltuneinheitlichkeiten vermieden werden. Dies kann auch erreicht werden, wenn die Stirnseite 22 keine Ausbeulung 31, d. h. nach Beschnitt keinen zylindrischen Abschnitt 36 und somit keine Klemmung der Wandungen der Rohre 1 und 2 aufweist. Hierbei muß jedoch nach Beschnitt des Kappenbereiches 23 der Abzweigstutzen 21 hinsichtlich Innenrohr 1 und Außenrohr 2 durch eine Verbindung des Abgasrohres am Ende des Abzweigstutzens 21 mit einem weiteren Bauteil des Abgasstranges beispielsweise durch Verschweißung des Außenrohres 2 mit dem Außenrohr des Verbindungsbauteils und Schiebesitzbildung des Innenrohres 1 mit dem dessen Innenrohr radial festgelegt werden, wonach die freiliegenden Endbereiche des Abgasrohres mit den dort klemmend aneinandergepreßten Wandungen des Innenrohres 1 und des Außenrohres 2 abgeschnitten werden.

Zum Abschneiden der Rohrenden werden diese am Außenrohr 2 auf abzweigzugewandter Seite des Lochkranzes 5 mittels eines Strahlschneidverfahrens, vorzugsweise durch einen Schneidlaser beaufschlagt. Der Schneidlaser schneidet das Außenrohr unter Bildung eines Schlitzes axial an zwei umfänglich diametral gegenüberliegenden Stellen ein. Anschließend wird das Außenrohr 2 mittels der Einstrahlung des Schneidlasers zwei zueinander beabstandete Umfangsschnitte ausgeführt, die jeweils durch einen der Endpunkte der axialen Schlitzte hindurchgehen. Die dadurch einstehenden halbkreisförmigen Blechstreifen 37 des Außenrohres 2 werden abgelöst, wodurch das Innenrohr 1 frei zu griffsfähig wird. Das Innenrohr 1 kann nun – ggf. bündig

mit der Schneidkante 38 des Außenrohres 2 – durch Sägen oder ebenfalls durch ein Strahlschneidverfahren beispielsweise Laser oder Elektronenstrahl durchgetrennt werden (Fig. 5). Das Strahlschneiden des Außenrohres 2 erbringt in vorteilhafter Weise eine insgesamt formtreue Abtrennung der Enden des Doppelrohres.

Natürlich ist es denkbar, daß nach dem Kappenbeschnitt des Abzweigstutzens 21 Außenrohr 2 und Innenrohr 1 offen sind, wobei die Enden des Doppelrohres miteinander verklemt bleiben, so daß durch die dortige Klemmung die Zentrierung des Innenrohres 1 im Außenrohr 2 gewährleistet ist. Eine weitere Verbindung mit Abgasrohren an den Enden erfolgt durch Verschweißen mit der Doppelwand des verzweigten Rohres.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines mit einem Abzweigstutzen versehenen luftspaltisierten Abgasrohres im Abgasstrang eines Fahrzeuges, wobei ein abgasführendes mit einem Abzweig ausgebildetes Innenrohr mit einem Außenmantel unter Bildung eines Luftisolierspaltes ringsum beabstandet umgeben wird, das gemeinsam mit dem Außenmantel das Abgasrohr samt Abzweigstutzen bildet, dadurch gekennzeichnet,

- daß zur Ausbildung des Abgasrohres zwei bezüglich ihrer Form gleichgestaltete Rohre (1, 2) mit geringem Spiel unter Bildung eines Doppelrohres ineinander gesteckt werden,

- daß das so gebildete Doppelrohr in ein erstes Innenhochdruck-Umformwerkzeug (8) eingebracht wird, beiderseits fluidhochdruckdicht abgedichtet und nach Schließen des ersten Umformwerkzeuges (8) und Einleiten eines Druckfluides in den Innenraum (20) des Innenrohres (1) des Doppelrohres mit Innenhochdruck über das eingeleitete Druckfluid derart beaufschlagt wird, daß sich das Doppelrohr entsprechend der Konturierung der Gravur (7) des ersten Umformwerkzeuges (8) aufweitet, wobei aufgrund eines Abzweiges (9) der Gravur (7) mittels des Innenhochdruckes aus dem Doppelrohr ein doppelwandiger Abzweigstutzen (21) ausgeblasen wird, der während der Umformung stirnseitig mittels eines in dem Abzweig (9) der Gravur (7) des ersten Innenhochdruck-Umformwerkzeuges (8) verschiebbar geführten, nach außen ausweichenden ersten Gegenstempels (10) abgestützt wird,

- daß während des ersten Umformvorganges zum Ausblasen des Abzweigstutzens (21) Rohrmaterial mittels zumindest eines Ende des Doppelrohres beaufschlagenden Axialstempels zur Ausformstelle des Abzweigstutzens (21) nachgeschoben wird,

- daß nach dem Erzeugen des Abzweigstutzens (21) das Druckfluid entspannt und aus dem Innenraum (20) des inneren Rohres (1) herausgeleitet wird, wonach das erste Umformwerkzeug (8) geöffnet und das umgeformte Doppelrohr entnommen und in ein zweites Innenhochdruck-Umformwerkzeug (25) eingebracht wird, wobei das Doppelrohr an den Endbereichen von der Gravur (24) des zweiten Umformwerkzeuges (25) in einer Spielpassung gehalten und zwischen den beiden Enden einschließlich des Abzweigstutzens (21) umlaufend und durchgängig durch entsprechende Ausbildung der Gravur (24) von einem Aufweitraum (26) umgeben wird,

- daß nach dem Schließen des Umformwerkzeuges (25) und Abdichtung des mit einem Abzweigstutzen (21) ausgeformten Doppelrohres unter Hochdruck ein Druckfluid einerseits zwischen die beiden das Doppelrohr bildenden Rohre (1, 2) einerseits und gleichzeitig in den Innenraum (20) des Innenrohres (1) andererseits eingeleitet wird, wobei das Außenrohr (2) innenhochdruckbeaufschlagt bis zur konturgerechten Anlage an der Gravur (24) des zweiten Umformwerkzeuges (25) in den Aufweitraum (26) hinein unter Bildung eines Luftisolationspaltes (33) zwischen dem Außenrohr (2) und dem Innenrohr (1) aufgeweitet wird,
- daß beim Aufweiten die vom Doppelrohr wegweisende Stirnseite (22) des Abzweigstutzens (21) mittels eines in dem Abzweig (27) der Gravur (24) angeordneten zweiten Gegenstempels (28) nach außen unnachgiebig abgestützt wird,
- und daß nach dem Aufweiten des Doppelrohres, Entspannen und Herausleiten des Druckfluides aus dem infolge der beiden Umformungen mit einem Abzweigstutzen (21) und einer Luftspaltisolierung versehenen Doppelrohr, sowie Öffnen des zweiten Umformwerkzeuges (25) und Entnahme des fertigumgeformten Doppelrohres, bei dem der Außenmantel vom Außenrohr (2) gebildet wird, der die Stirnseite (22) beinhaltende Kappenbereich (23) des Abzweigstutzens (21) unter Bildung einer Durchgangsöffnung (35) zwischen dem Innenraum (20) des Innenrohres (1) und der äußeren Umgebung des luftspaltisierten Abgasrohres abgeschnitten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach einer in einer Verbindung des Abgasrohres am Ende des Abzweigstutzens (21) mit einem weiteren Bauteil des Abgasstranges begründeten radialen Festlegung von Innenrohr (1) und Außenrohr (2) die freiliegenden Endbereiche des Abgasrohres mit den klemmend aneinandergepreßten Wandungen des Innenrohres (1) und des Außenrohres (2) abgeschnitten werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zum Abschneiden der Endbereiche des Abgasrohres am Außenrohr (2) vollumfänglich Umfangsstreifen (37) mittels Strahlschneiden herausgeschnitten werden, und daß danach das Innenrohr (1) in dem nach Entfernen der Streifen (37) freigelegten Bereich durch Sägen oder Strahlschneiden durchtrennt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung des Luftisolierspaltes (33) das Druckfluid vom Innenraum (20) des Innenrohres (1) aus durch zumindest ein in der Wandung des Innenrohres (1) ausgebildetes Durchgangsloch (6) hindurch zwischen die das Doppelrohr bildenden Rohre (1, 2) geleitet wird, wobei das jeweilige Loch (6) bei der Aufweitung des Doppelrohres im ersten Innenhochdruck-Umformwerkzeug (8) abgedichtet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim ersten Umformvorgang aufgrund einer im Gegenstempel (10) ausgebildeten mittigen Tasche (12) die Stirnseite (22) des doppelwandigen Abzweigstutzens (21) flaschenhalsartig durch den Innenhochdruck ausgebeult wird.

**- Leerseite -**

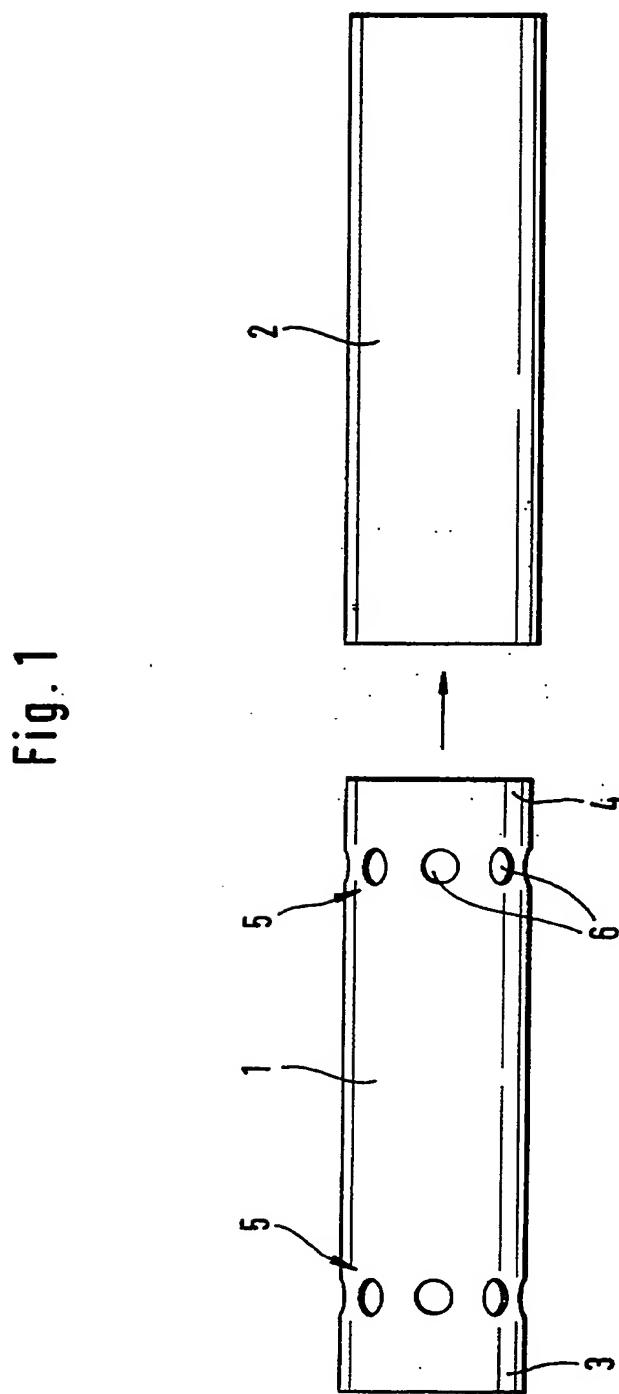


Fig. 1

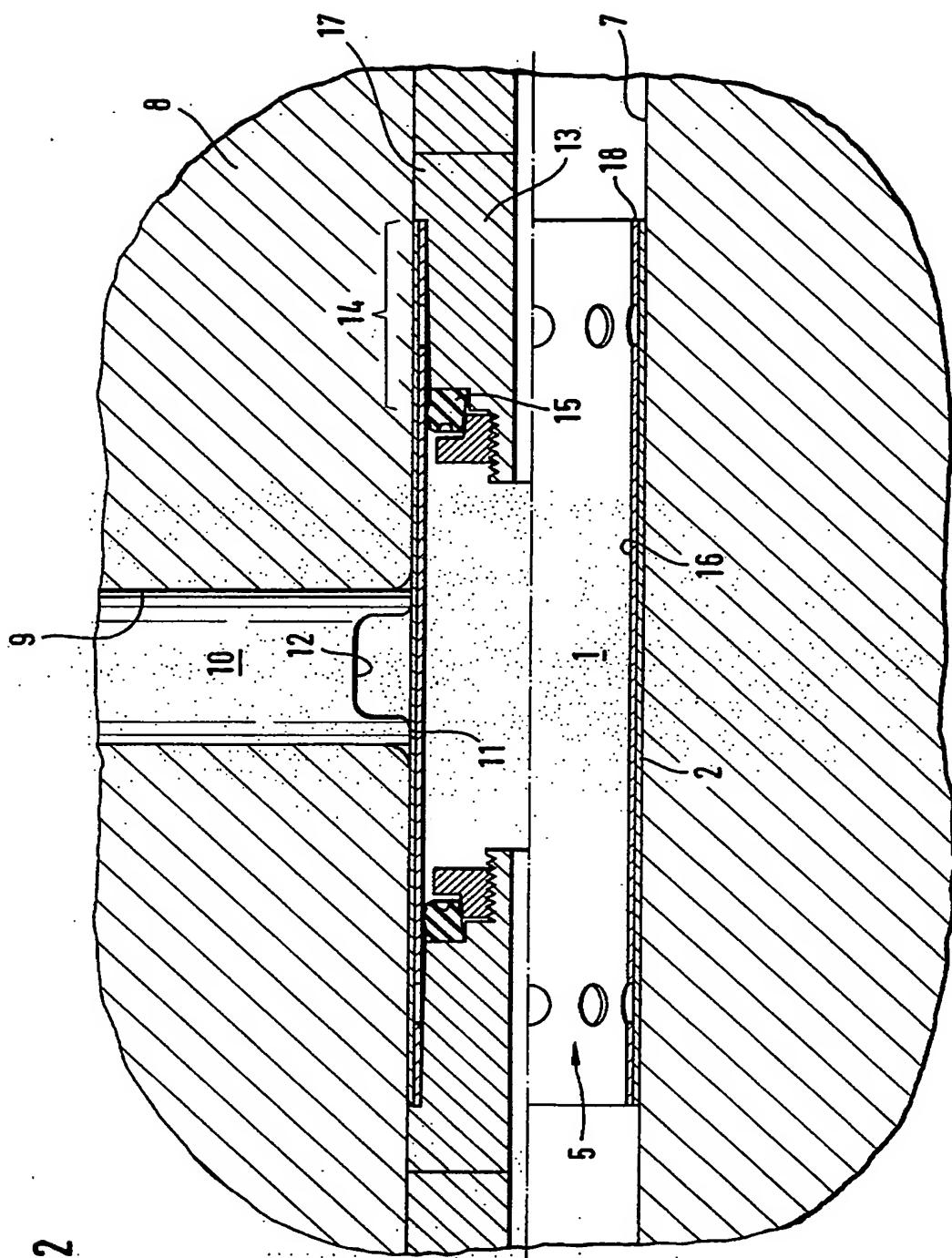


Fig. 2

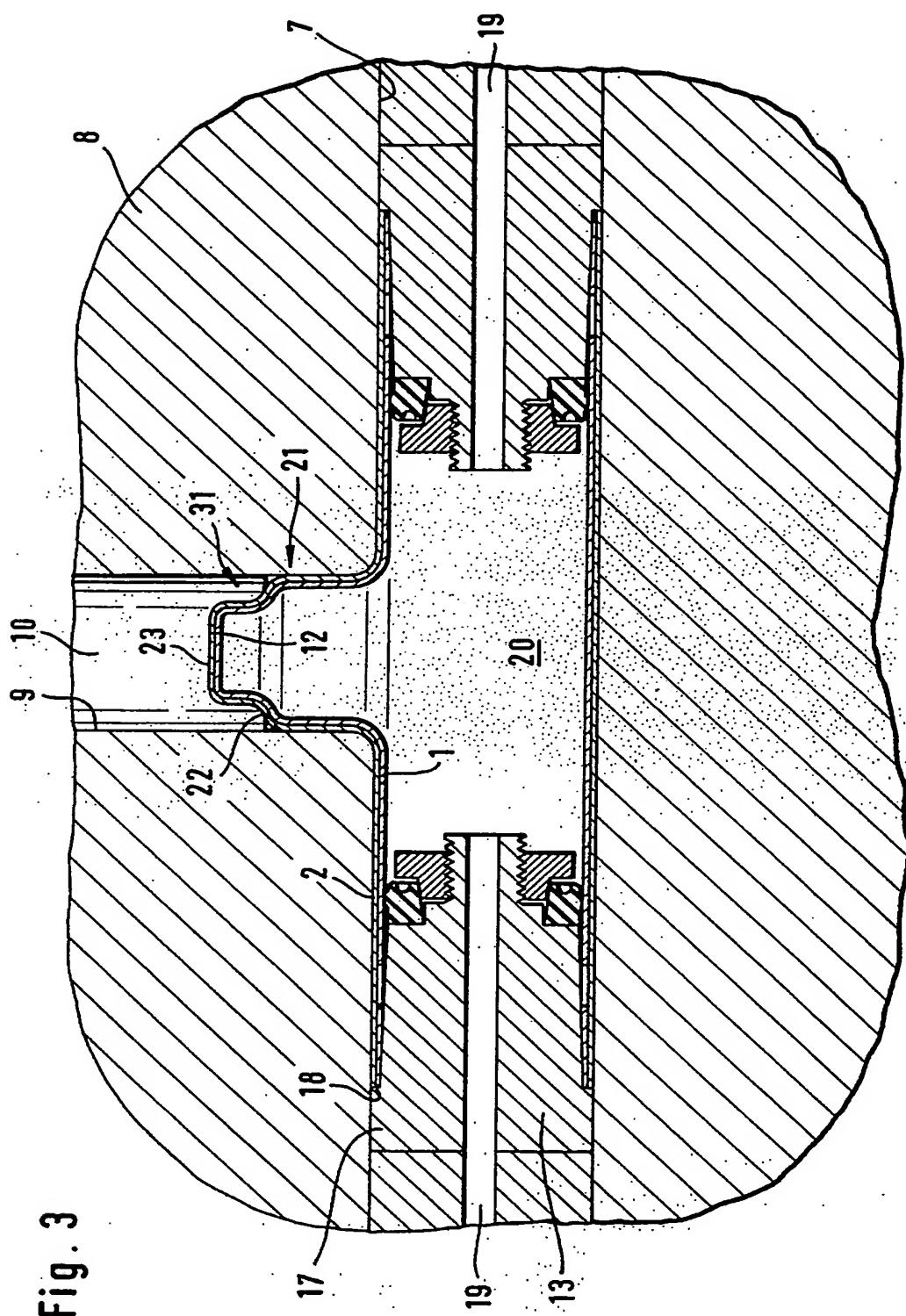


Fig. 3

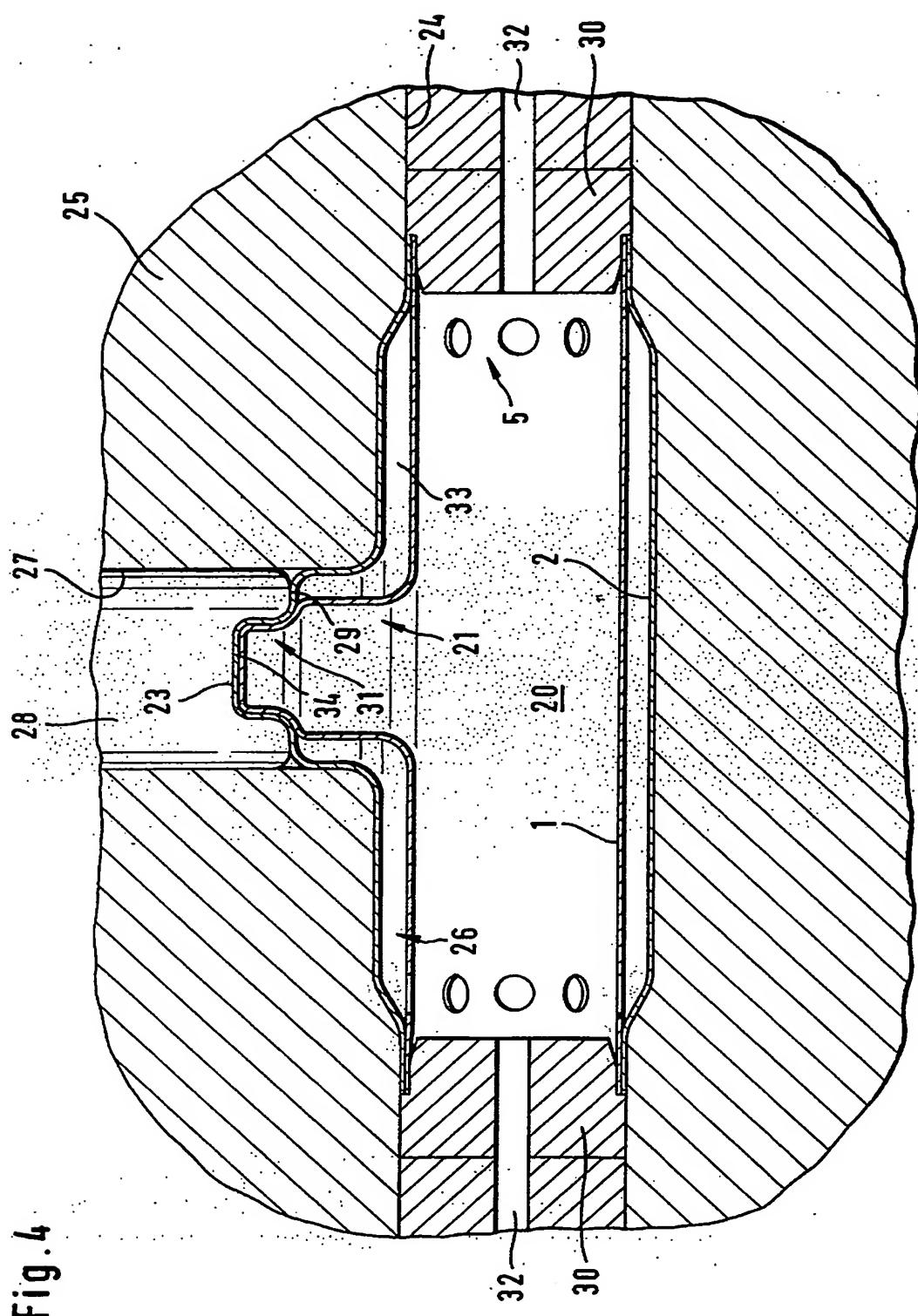


Fig. 4

Fig. 5

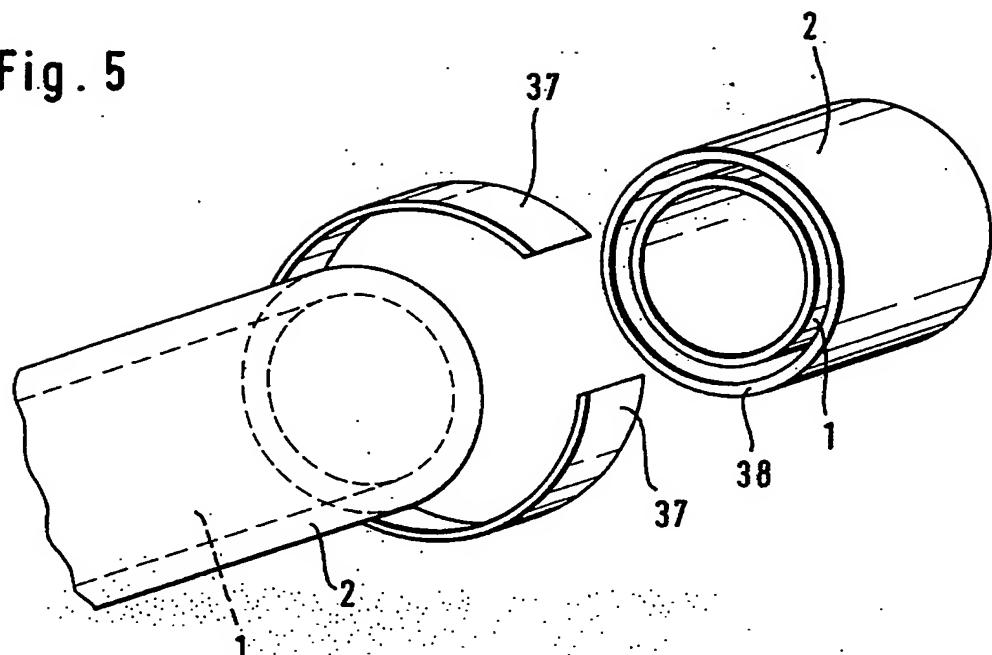


Fig. 6

